

Une méthode d'analyse pour mesurer l'impact des documents d'urbanisme sur la maîtrise de l'étalement urbain

L'exemple de La Rochelle, France

Frédéric Rousseaux

Volume 9, numéro 2, septembre 2009

Ville et Environnement : impacts et défis autour de la spécialisation et requalification des espaces urbains

URI : <https://id.erudit.org/iderudit/044085ar>

[Aller au sommaire du numéro](#)

Éditeur(s)

Université du Québec à Montréal
Éditions en environnement VertigO

ISSN

1492-8442 (numérique)

[Découvrir la revue](#)

Citer cet article

Rousseaux, F. (2009). Une méthode d'analyse pour mesurer l'impact des documents d'urbanisme sur la maîtrise de l'étalement urbain : l'exemple de La Rochelle, France. *[VertigO] La revue électronique en sciences de l'environnement*, 9(2).

Résumé de l'article

La Rochelle a connu durant la seconde moitié du vingtième siècle un accroissement important de sa population permanente et saisonnière. Depuis 1999, la ville est regroupée avec 17 autres communes dans une intercommunalité : la communauté d'agglomération de La Rochelle (CDA-LR). L'accroissement de population de la CDA-LR s'est manifesté par un fort étalement urbain, contraint par sa situation littorale. Cet étalement est aujourd'hui particulièrement marqué dans les communes périphériques de la CDA-LR qui reçoivent les habitants qui ne peuvent plus se loger à La Rochelle. Entre un littoral très attractif, mais sous pression car très réglementé et déjà très construit et un arrière-pays qui accueille de plus en plus d'habitants rejetés par le prix du foncier, la maîtrise de l'étalement urbain de la CDA-LR est un des enjeux du futur schéma de cohérence territoriale (SCOT), actuellement en cours d'élaboration. Cet article propose une méthode d'analyse de cet étalement urbain. L'objectif est de reconstituer à l'aide de documents cadastraux numériques l'étalement de La CDA-LR des années 1950 à nos jours. La représentation de cette évolution est effectuée à l'aide d'outils de visualisation et d'analyses spatio-temporelles développés dans un système d'information géographique. Ces outils sont décrits dans une première partie. Ils présentent deux indices d'analyse de l'étalement urbain. Dans un second temps, ces indices sont confrontés aux documents d'urbanisme en vigueur afin de vérifier qu'il existe bien une cohérence entre les stratégies de limitation de l'étalement urbain de la collectivité et la réalité des constructions apparues sur le territoire.

UNE METHODE D'ANALYSE POUR MESURER L'IMPACT DES DOCUMENTS D'URBANISME SUR LA MAITRISE DE L'ETALEMENT URBAIN : l'exemple de La Rochelle, France

Frédéric Rousseaux, Laboratoire LIENSS (Littoral, Environnement, Sociétés) UMR 6250 Université de La Rochelle-CNRS 2, rue Olympe de Gouge, 17042 La Rochelle, Courriel : Frederic.rousseau@univ-lr.fr

Résumé : La Rochelle a connu durant la seconde moitié du vingtième siècle un accroissement important de sa population permanente et saisonnière. Depuis 1999, la ville est regroupée avec 17 autres communes dans une intercommunalité : la communauté d'agglomération de La Rochelle (CDA-LR). L'accroissement de population de la CDA-LR s'est manifesté par un fort étalement urbain, contraint par sa situation littorale. Cet étalement est aujourd'hui particulièrement marqué dans les communes périphériques de la CDA-LR qui reçoivent les habitants qui ne peuvent plus se loger à La Rochelle. Entre un littoral très attractif, mais sous pression car très réglementé et déjà très construit et un arrière-pays qui accueille de plus en plus d'habitants rejetés par le prix du foncier, la maîtrise de l'étalement urbain de la CDA-LR est un des enjeux du futur schéma de cohérence territoriale (SCOT), actuellement en cours d'élaboration. Cet article propose une méthode d'analyse de cet étalement urbain. L'objectif est de reconstituer à l'aide de documents cadastraux numériques l'étalement de La CDA-LR des années 1950 à nos jours. La représentation de cette évolution est effectuée à l'aide d'outils de visualisation et d'analyses spatio-temporelles développés dans un système d'information géographique. Ces outils sont décrits dans une première partie. Ils présentent deux indices d'analyse de l'étalement urbain. Dans un second temps, ces indices sont confrontés aux documents d'urbanisme en vigueur afin de vérifier qu'il existe bien une cohérence entre les stratégies de limitation de l'étalement urbain de la collectivité et la réalité des constructions apparues sur le territoire.

Mots-clés : étalement urbain, SIG, littoral, données cadastrales

Abstract: La Rochelle, France knew during the second half of the twentieth century an important increase of its permanent and seasonal population. Since 1999, the city is grouped together with 17 others municipalities (communes) into an intercommunality (cooperation group between communes) : La Rochelle's community of Agglomeration (CDA-LR). Because of an attractive coastal position, the CDA-LR is subjected to a strong growing of population. It showed itself by a massive urban spread. This urban spread is today particularly visible in the peripheral municipalities of the CDA-LR. These municipalities absorb the inhabitants because they cannot find a housing in the city of La Rochelle. The CDA-LR is under a strong land pressure because of its attractive coastal position. Inhabitants are thrown back towards the peripheral by the price of the housing. The mastery of the urban spreading of the CDA-LR is one of stakes of the future land development plan (schema de coherence territorial : SCOT). The SCOT is at present in progress. This paper present a method to analyse the urban spread. The aim is to model the urban spread phenomenon between 1950 to today. Cadastral dataset is used as an input. This modeling is made with space and time analysis tools implemented in a geographical information system. Theses tools are described in the first part. They also present two indexes to analyse the urban spread. In a second part, theses indexes are compared to planning documents in order to verify the coherence between urban planning strategies and the concrete presence of buildings on the field.

Keywords : Urban spread, GIS, seaside, cadastral data.

Introduction

Le développement urbain se manifeste physiquement en France en partie par l'étalement des constructions autour de la ville et en partie par la densification ou la requalification des zones déjà bâties. L'étalement urbain n'est pas un concept simple et clairement défini. Jean-Philippe Antoni (Antoni, 2003) rappelle

que ni Brunet (Brunet *et al*, 1992) ni Lévy (Levy *et al*, 2003) ne le définissent dans leur dictionnaire. Dans cet article, il sera utilisé le terme d'étalement urbain afin de décrire le phénomène par lequel on observe le développement horizontal de la ville à travers l'extension des surfaces bâties. Ce type de développement urbain s'effectue principalement en consommant l'espace disponible. Il est à différencier de la densification qui est un autre phénomène lié à l'évolution urbaine. La densification est un processus d'aménagement qui cherche à augmenter le nombre de logements, mais aussi le nombre d'habitants et les emplois sur un espace donné. La densification est souvent associée à l'idée de ville compacte, permettant généralement une dépendance à

Référence électronique

Frédéric Rousseaux, « Une méthode d'analyse pour mesurer l'impact des documents d'urbanisme sur la maîtrise de l'étalement urbain : l'exemple de La Rochelle, France », VertigO - la revue électronique en sciences de l'environnement, Volume 9 numéro 2, 2009, [En ligne] URL : <http://vertigo.revues.org/index8682.html>.

l'automobile plus réduite que les villes étalées, générant ainsi plus d'économies d'énergie, et répondant mieux à la notion de ville durable. Le rapport Perben (Perben, 2008) ; qui émet des propositions pour lutter contre l'étalement urbain, préconise par exemple des seuils de densité minimale pour encourager ce processus de densification.

L'étalement urbain est un phénomène qui n'est pas simple à observer car il sous-entend bien souvent plusieurs descriptions possibles de la tache urbaine¹ qui sert classiquement de mesure. Ces descriptions « d'espaces construits » peuvent être classées selon différentes nomenclatures. La présente étude porte uniquement sur les sols bâtis (évolution de la tache urbaine par observation de la construction des bâtis commerciaux, publics ou privés). L'étude ne porte pas sur l'artificialisation des sols en général qui intègre aussi des données sur les sols revêtus telles que les routes ou les parkings et des données sur les sols artificialisés comme les cimetières ou jardins (nomenclature Corine LandCover).

Le phénomène d'étalement urbain est une tendance lourde puisque de nombreuses enquêtes soulignent une augmentation de la superficie des espaces construits de 22% entre 1982 et 1989 et de 16% entre 1990 et 2000 (enquête Teruti IFEN effectuée à l'aide de Corine LandCover). Durant cette même période, selon l'INSEE, la population française n'a augmenté que de 3,25 %. La population en France évolue relativement peu alors que les surfaces occupées par l'ensemble des activités humaines, croissent bien plus rapidement. « D'une part, les espaces occupés sont bien plus vastes qu'auparavant et d'autre part, les habitants occupent ces surfaces de manière de plus en plus diffuse et de plus en plus loin du centre des villes » (Belliot, 2007). Ce n'est pas sans poser d'importants problèmes de conflits d'usage : sur le territoire français, cet étalement se fait souvent au détriment des surfaces agricoles (En majorité des terres arables qui reculent de 13% entre 1990 et 2000 selon l'IFEN). L'étalement urbain représente donc un phénomène à limiter le plus possible car impactant de manière importante l'environnement.

C'est à partir de ces constats, et afin de mieux comprendre et mieux gérer leurs conséquences, qu'ont été mis en place des outils de mesure et de suivi du phénomène de l'étalement urbain. De nombreux domaines scientifiques ont travaillé sur l'étalement, sur ses causes, et sur la manière de prévoir ce phénomène. Il existe par exemple des scénarii prospectifs développés entre autres par (Levy, 1991). Ces scénarii, plutôt axés sur les évolutions à long terme des structures urbaines mettent, entre autres, en avant les possibles transformations de composantes spatiales, comme la centralité. L'INSEE a développé dès 1996 de nouveaux outils statistiques pour mieux analyser l'étalement urbain, avec la mise en place des zonages en

aire urbaine (ZAU). Enfin, pour aider à la planification, des modèles d'évolution urbaine ont été développés. On retrouve par exemples les travaux d' (Antoni, 2003) sur la ville de Belfort ou de (Hasse, 2004) sur les villes américaines. Ces modèles permettent une quantification et une localisation des évolutions de la ville à partir d'un espace cellulaire. Plus récemment, des travaux de simulation axés sur le paradigme multi-agent de (Banos *et al*, 2005), de (Badariotti *et al*, 2007), ou de (Rousseaux, 2009) montrent aussi la richesse des outils et des méthodes existantes pour ce type d'analyse, ainsi que sa proximité avec d'autres domaines : (Langlois et Daude, 2006) utilisent par exemple le modèle de schelling (Schelling, 1971), emprunté aux économistes pour étudier les ségrégations urbaines. En ce qui concerne le suivi et la mesure de l'évolution du bâti, Il existe, dans le domaine de la télédétection de nombreux articles qui traitent de ce sujet, comme (Donnay *et al*, 2001) ou (Herold *et al*, 2003). En urbanisme et en géographie, l'étude de la forme des villes a déjà fait l'objet de travaux de recherche axés sur le continent européen. La thèse de (Guerois, 2003) interroge les rapports entre morphologie urbaine et développement durable et compare le degré de compacité des grandes villes d'Europe occidentale. Les économistes ont aussi travaillé sur la forme de la ville et notamment sur les questions de l'influence du foncier sur celles-ci. On citera les travaux de (COMBY, 1993) qui traitent de l'étude de la structure foncière du territoire : modes d'appropriation, usages et des processus de valorisation ou dévalorisation. Des travaux sur ces thèmes ont été menés par (Napoleone et Geniaux, 2002).

Par rapport à cette très vaste thématique, cet article s'inscrit dans un objectif de meilleure compréhension des facteurs d'étalement urbain. Il étudie en particulier l'influence d'un facteur assez peu traité, l'aspect réglementaire : quel est l'impact des documents d'urbanisme sur l'étalement urbain en France ? Il propose pour cela une méthode basée sur la comparaison de documents d'urbanisme et d'observation physique de la construction à l'aide de deux indices décrits dans la suite de l'article.

Depuis quelques années, la lutte contre l'étalement urbain est censée se concrétiser par des propositions de développement urbain durable² qui doivent s'intégrer aux documents d'urbanisme existants ou en cours de mise en place. Depuis la loi SRU de 2000³ le schéma de cohérence territoriale (SCOT) se substitue au schéma directeur (SD) à l'échelle intercommunale.

² Dans son livre vert sur l'environnement urbain (CE, 1990), la commission définit la forme optimale de la « ville durable » en valorisant un modèle de ville compacte et en soulignant les effets néfastes de l'étalement urbain sur son environnement. On trouvera plus de détails en se reportant à une bibliographie très abondante sur le sujet, dont (Mathieu et Guérmond, 2005) font état dans leur ouvrage « la ville durable, du politique au scientifique ».

³ La Loi Solidarité et Renouvellement Urbain du 13 novembre 2000 renouvelle les documents d'urbanisme.

¹ Corinne Larrue décrit la tache urbaine comme la surface qui recouvre l'ensemble des espaces construits qui forment une agglomération (Larue, 2000).

Le plan local d'urbanisme remplace petit à petit le plan d'occupation des sols à l'échelle communale ou intercommunale. Le schéma directeur ou de cohérence territoriale a pour objectif de planifier la croissance de l'agglomération en tenant compte des perspectives d'évolution de sa population en termes de croissance, de vieillissement ou de renouvellement, mais aussi en termes d'évolution de la demande (plus ou moins de pavillons, de logements à loyer modéré...). Les documents de type POS ou PLU réglementent l'urbanisation au niveau communal ou intercommunal et doivent intégrer au mieux les propositions des SD ou des SCOT. Mais entre ce qui est proposé dans ces documents de planification et la réalité des constructions sur le territoire, des différences notables apparaissent. Les documents de planification sont-ils un outil efficace pour lutter contre l'étalement urbain ?

Cet article propose de comparer les documents de planification avec la réalité de l'étalement urbain sur le territoire, à partir de l'observation de l'apparition des zones bâties. La méthode est décrite en deux temps. La première partie propose la description de deux indices de suivi de l'étalement urbain basé sur une analyse spatio-temporelle. La seconde partie confronte les résultats de ces deux indices aux documents d'urbanisme en vigueur. Ceci permet alors de comparer la réalité des constructions apparues sur le territoire et l'impact, dans le temps, des stratégies de limitation de l'étalement urbain de la collectivité transcrites dans les documents d'urbanisme.

Contexte général sur l'étalement urbain à La Rochelle

La ville de La Rochelle est la préfecture du département de la Charente-Maritime. C'est une commune portuaire de la façade atlantique française (fig 1). Depuis 1999, la ville est regroupée avec 17 autres communes dans une intercommunalité : la communauté d'agglomération de La Rochelle (CDA-LR). Le premier règlement du POS (Plan d'occupation des sols) de la commune de La Rochelle a été approuvé le 25 mars 1980. Le dernier POS date du 25 novembre 2005 (révision simplifiée) et la dernière modification du règlement initial date du 29 juin 2007. La CDA-LR est toujours sous le régime du POS. La mise en place d'un PLU est en cours de réflexion. La gestion du POS relève à ce jour de la compétence de la CDA-LR⁴. Cette intercommunalité a connu un fort accroissement de sa population entre 1950 et aujourd'hui.

⁴ La loi de 1999 créant les Communautés d'Agglomération a autorisé cet Etablissement Public de Coopération Intercommunale (EPCI) à exercer la compétence de création de POS au nom de la commune concernée. La Communauté d'Agglomération de La Rochelle a été créée par arrêté préfectoral le 24 décembre 1999

Pourquoi La Rochelle s'étale-t-elle ?

Notons ici que l'étalement urbain est d'abord le résultat visible de la propension des habitants à s'installer en périphérie de La Rochelle ou en périphérie des communes avoisinantes. Dans le cas de la CDA-LR, l'arrivée de cette population s'accompagne depuis plusieurs années de l'urbanisation des zones périphériques. Ce phénomène est d'abord possible parce qu'il y a un accroissement des disponibilités foncières sur cette partie du territoire, même si la CDA-LR cherche à limiter l'étalement urbain par l'urbanisation privilégiée des espaces non construits qui sont compris entre des espaces déjà construits. C'est le phénomène des « dents creuses ». Ce phénomène consiste à construire de manière privilégiée dans les espaces libres situés à l'intérieur d'espaces déjà construits.

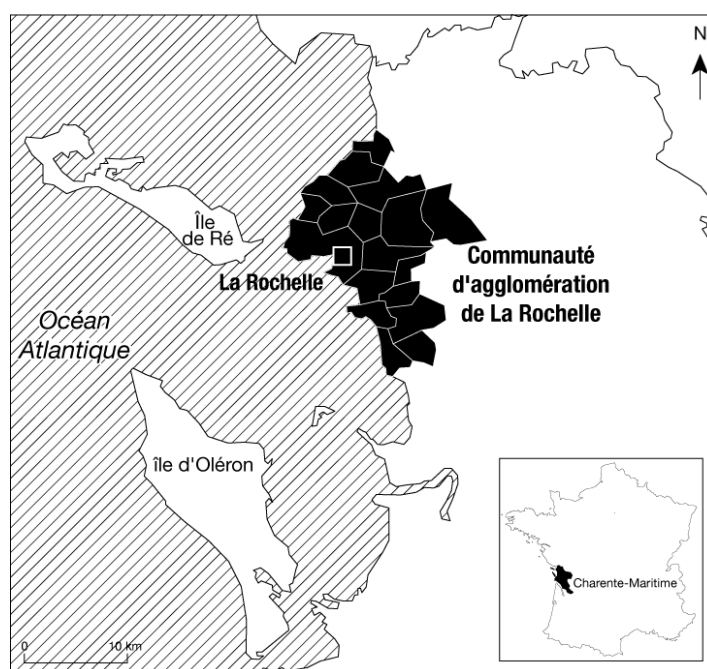


Figure 1. La situation géographique de La CDA-LR. Sources : P. Brunello et F. Rousseaux, 2009.

Dans un pays comme la France, on peut supposer que le principal facteur d'étalement est déterminé par l'application des documents d'urbanisme. Cela ne signifie pas que c'est à cause des documents d'urbanisme qu'il y a de l'étalement urbain, mais c'est ce qui le rend possible, du moins légal. On notera que le territoire français ne contient que très peu de zones d'urbanisation sauvages. Généralement, en France, un endroit n'est constructible que si un règlement le permet. Dans les textes, la causalité est effectivement explicitée⁵. Ceux-ci insistent

⁵ « Le rôle du POS est d'encadrer l'initiative publique ou privée en rendant possible ou non certaines constructions. Le règlement peut, dans une certaine mesure, provoquer la restructuration ou la mutation de certains quartiers. C'est à long terme que les effets du

toutefois sur la temporalité de la prise en compte des changements.

Un des autres facteurs explicatifs importants de l'étalement urbain de la Rochelle et des communes périphériques réside dans l'augmentation notable des prix du foncier sur l'agglomération. Le prix du foncier, très élevé sur les communes littorales, explique que l'étalement urbain s'est déplacé depuis une quinzaine d'années sur les communes situées dans l'intérieur des terres. Cette explication n'est pas propre à ce territoire, mais illustre une tendance globale de l'immobilier au niveau national voire européen. Toutefois, la situation littorale renforce cette tendance. En France, la façade Atlantique, et notamment la ville de La Rochelle est très attractive puisque l'on compte depuis une vingtaine d'années un départ pour deux arrivées (Rapport du CETE, 2007). Le tourisme est un facteur explicatif important de cette attractivité. On trouve dans la littérature d'autres facteurs qui expliquent l'étalement urbain. La plupart sont décrits dans (ANTONI, 2003).

Comment La Rochelle s'étale-t-elle ?

Selon un rapport interministériel coordonné par le Ministère de l'Équipement (FUTURIBLE, 2003), il est possible d'analyser différentes configurations d'étalement urbain. Cet étalement urbain se différencie « selon qu'il prend corps sur un maillage, une trame historique plus ou moins consolidée de villages, bourgs et villes, se focalise ou pas sur l'extension radioconcentrique des principaux pôles urbains, s'interconnecte de proche en proche, dessinant un tissu plus ou moins métropolisé, en lien avec l'évolution de l'offre des réseaux de communication ». Le cas de la communauté d'agglomération de la Rochelle semble conjuguer un étalement autour de la position portuaire historique de La Rochelle jusqu'aux années 1970 : la ville domine totalement la périphérie et concentre la croissance démographique, économique et urbaine. À partir du milieu des années 1970, et jusqu'aux années 1980, parallèlement au développement de plus en plus important des moyens de transport et des réseaux urbains (doublement des nationales et augmentation du trafic ferroviaire) se développe la périurbanisation dans les communes limitrophes de La Rochelle. La connexion est alors de plus en plus forte entre la ville de La Rochelle et les communes périphériques. Des années 1980 à nos jours, l'étalement urbain à l'intérieur de la CDA-LR se manifeste autour des centres historiques des communes périphériques et dans une moindre mesure en périphérie de la Ville de La Rochelle (Fig 2). Comment ont évolué les différents documents réglementant l'urbanisme sur le territoire de la CDA-LR ? Ont-ils favorisé ou non cette forme d'étalement durant ces 20 dernières années ?

Entre 1989 et 2007, sur le territoire de la CDA-LR, plusieurs méthodes sont utilisées pour aménager au coup par coup, malgré la contrainte des règlements d'urbanisme en vigueur. Le plan d'occupation des sols n'est pas un document figé. Il est à l'image de la ville et de sa nécessaire évolution. On retrouve par exemple une tendance générale à la multiplication des sous-zonages qui permet de contourner un premier zonage définit. Un autre outil utilisé par les urbanistes a été de procéder au transfert d'une partie de certaines zones vers d'autres zones aux réglementations plus souples. Enfin, dans certains cas, le régime applicable à une zone a pu aussi être directement modifié sans procéder à un sous-zonage ou à un transfert de zone. Par exemple, Sur la CDA-LR, les lotissements, grands consommateurs d'espaces, étaient interdits dans plusieurs zones sous l'empire du POS de 1989 : ils sont autorisés dans ces mêmes zones par le POS de 2001.

Les enjeux de la limitation de l'étalement urbain sur le territoire de La Rochelle

Le schéma directeur de la communauté d'agglomération de La Rochelle, mis en place à partir de 2001 a-t-il eu une influence sur les révisions simplifiées et sur les modifications du POS entre 2002 et 2007 ? Seules les grandes lignes du schéma directeur en rapport avec la problématique de l'étalement urbain sont présentées ci-dessous.

Dans son ensemble, le schéma directeur exprime la volonté de préserver certains paysages naturels et agricoles en périphérie des zones urbaines. Le SD insiste sur le choix de la densification au lieu de l'étalement. L'idée centrale est de densifier le tissu urbain par une reconstruction de la « ville sur la ville », en ouvrant le centre au plus grand nombre. C'est aujourd'hui loin d'être le cas. Les configurations d'habitations, tant en prix, en prestations offertes, qu'en taille, ne sont pas propices à l'installation de certains ménages qui préfèrent s'éloigner du centre-ville. Rappelons ici que le centre ancien de La Rochelle est classé en secteur sauvegardé (lequel comprend 250 protections). Le SD rappelle que l'évolution du tissu urbain en continuité du centre historique doit se traduire par l'aménagement des quelques espaces restant disponibles, ainsi que par la réhabilitation du bâti ancien dégradé. Les propositions du schéma directeur s'orientent donc résolument vers un développement vertueux au bénéfice de la densification.

POS se manifestent sur le terrain bâti, à l'occasion d'initiatives privées de construction. » (Extrait du rapport de présentation du POS en date du 26 juin 1998).

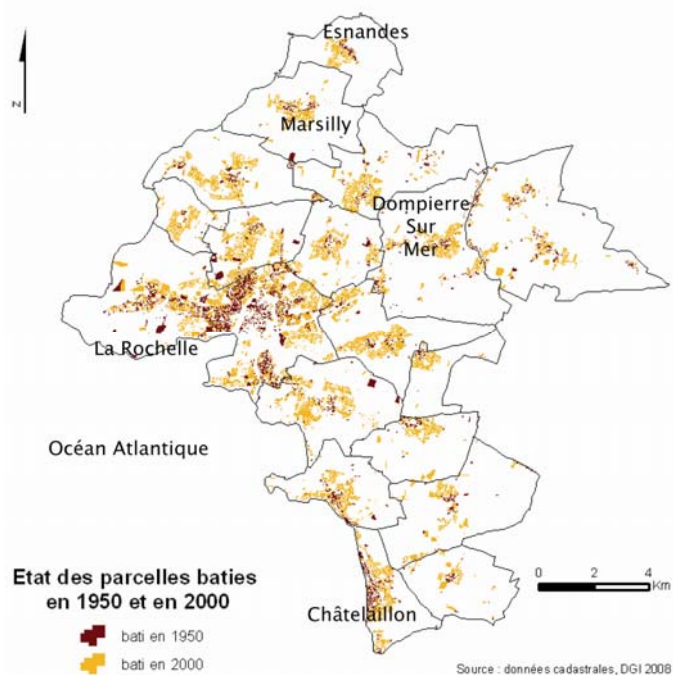


Figure 2. Évolution des surfaces bâties entre 1950 et 2000 sur la CDA-LR. *Source : données cadastrales*

Actuellement (2008-2009), la Communauté d'Agglomération de La Rochelle met en place un schéma de cohérence territoriale (SCOT)⁶. La question environnementale prend une part encore plus importante dans le SCOT puisqu'il est nécessaire, lors de sa mise en place d'évaluer les conséquences et les impacts des orientations d'aménagement sur l'environnement du territoire concerné. Des mesures compensatoires doivent être prévues pour tenter d'équilibrer l'impact des nouveaux aménagements que propose le SCOT.

Outre cet aspect environnemental, très présent dans l'élaboration du SCOT, maîtriser et mieux accompagner l'étalement urbain a aussi souvent pour objectif de limiter les risques de fragmentations sociales (phénomènes de périurbanisation des classes moyennes ou de « gentrification » des centres villes) qui pourraient toucher la CDA-LR ; ces phénomènes sont décrits dans (Maurin, 2004 ; Donzelot, 2004).

⁶ Le SCOT est un document de planification urbaine apparu lors de la loi Solidarité et Renouvellement Urbain (SRU) de décembre 2000 qui remplace le Schéma directeur et qui a pour objectif de prévoir, d'anticiper un aménagement harmonieux du territoire pour les prochaines années. Le SCOT a pour objectif de fixer les orientations générales d'aménagement et de déterminer les grands équilibres entre espaces à protéger et espaces à urbaniser.

Il est proposé dans la partie suivante de cet article une méthode et des outils qui permettent de quantifier l'étalement urbain et de mesurer l'impact des différents documents d'urbanisme⁷, précédemment décrits, sur cet étalement urbain.

Méthode, données et outils pour le suivi de l'étalement urbain

Si les outils d'observation sont nombreux, ceux-ci restent souvent au stade de l'observation statique ou de la comparaison. Il semble pertinent d'évoluer vers une analyse des dynamiques de l'étalement urbain afin de décrire au mieux ce phénomène qui possède une dimension temporelle évidente. Ces analyses ne peuvent se faire qu'en introduisant cette dimension temporelle dans l'observation. De fait, l'observation temporelle liée à l'étalement urbain se base actuellement le plus souvent sur la comparaison à différentes dates de données d'observation du sol par télédétection de type photographie aérienne ou images satellitaires (Corine LandCover) ou image à haute résolution. Ces images permettent de mesurer la tache urbaine et de comparer plusieurs états à différentes dates. Le suivi de l'évolution du bâti se fait majoritairement à l'aide d'images satellitaires. Leur coût et leur fréquence d'acquisition, ainsi que les techniques d'extraction de plus en plus précises en font des données de référence pour cette thématique.

La méthode proposée dans cet article s'appuie sur des données vecteurs. Elles sont certes utilisées moins fréquemment que les données raster, mais on trouve des exemples de comparaisons diachroniques qui sont effectuées à partir de différentes bases de données vecteurs. Ces sources, assez nombreuses, sont souvent hétérogènes, et dans leurs nomenclatures et dans leurs périodes de mise à jour qui n'est jamais effectuée en continu. L'avantage de l'utilisation d'une base de données comme la BDTOPO de l'Institut Géographique National français (IGN-France) est qu'elle permet d'affiner les caractéristiques de la tache urbaine à l'aide d'informations de type hauteur de bâtiments, non disponibles sur les images. Le lecteur trouvera une comparaison exhaustive et une critique des différentes bases de données servant au suivi de l'étalement urbain dans le rapport du CERTU (CERTU, 2006). Les données utilisées pour cette étude ont été choisies sur deux critères :

- Un critère de fréquence de mise à jour : les données doivent être mises à jour en continu, ou en quasi continu. Les données doivent aussi couvrir une période de temps importante : de 1950 à nos jours.
- Un critère de continuité : les données doivent avoir une signification et des spécifications qui restent les mêmes durant toute la période de l'analyse.

La partie suivante présente la structure des données utilisées pour cette étude. Il s'agit des données cadastrales de la Direction Générale des Impôts (DGI).

⁷ Principalement le plan d'occupation des sols de 1989 à 2007

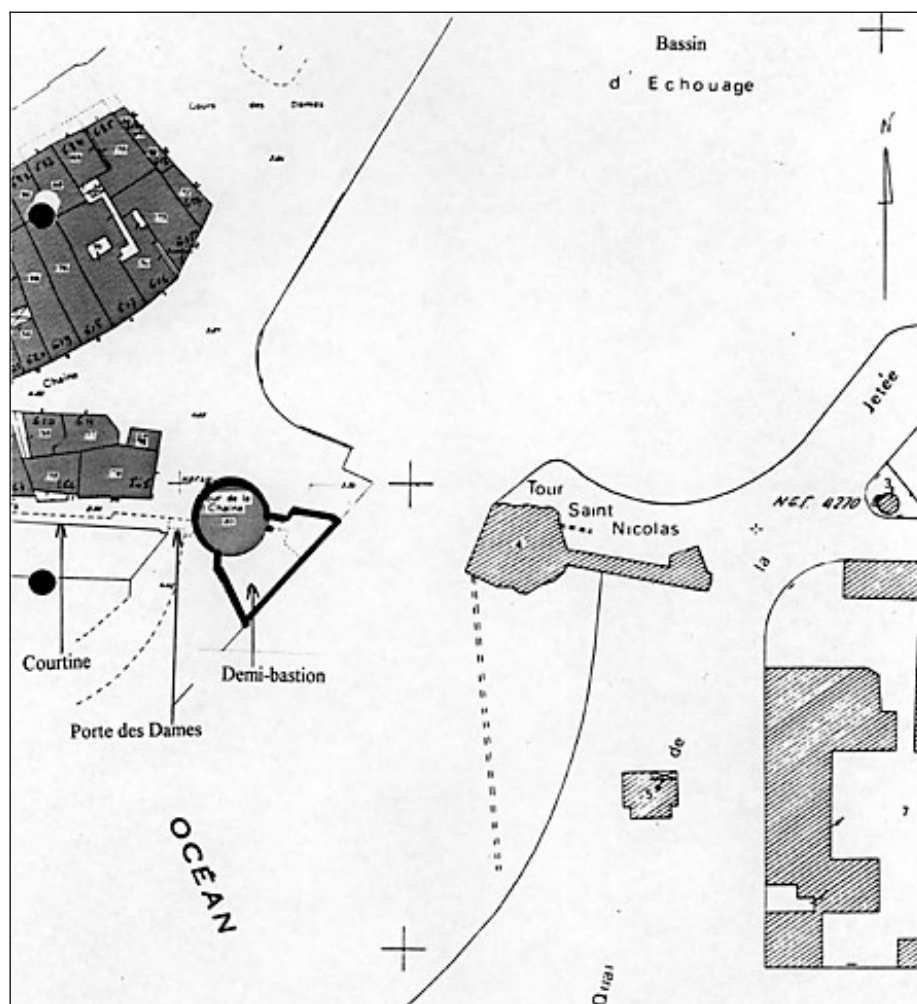


Figure 3. Extrait du cadastre de la CDA-LR (1976). Source : DGI

Les données cadastrales

Le plan cadastral informatisé (PCI) vecteur

Le cadastre (Fig 3) est un document cartographique, présenté sous forme de planches, appartenant à la Direction Générale des Impôts. Il a un objectif fiscal et sert de base au calcul de l'impôt foncier. On trouve des planches avec des échelles allant du 1/1000 au 1/5000. C'est l'échelle du 1/2500 qui est la plus répandue au niveau national. Le cadastre représente deux informations graphiques qui sont la parcelle et le ou les bâtiments construits sur la parcelle. Depuis 2002, la DGI a lancé un grand projet de numérisation du cadastre. Celui-ci est aujourd'hui disponible soit en format raster (PCI raster), soit en format vecteur (PCI vecteur) en fonction de l'avancée du processus de numérisation. La quasi-totalité des grandes villes françaises, dont La Rochelle est couverte par le PCI Vecteur. Cette donnée sera

utilisé pour cette analyse. Elle se présente sous la forme d'une base de données géographique au format vecteur, contenant un ensemble de données spatiales et attributaires sur la Communauté d'Agglomération de La Rochelle.

Les données représentent l'ensemble des parcelles cadastrales de la CDA connues en 2007. Les données attributaires du cadastre (matrice cadastrale) sont toutes rattachées à l'objet parcelle, qui représente l'unité fiscale (fig 4). Les parcelles sont décrites par un ensemble d'attributs (données nominatives, numéros d'enregistrements, informations physiques sur les bâtiments présents sur la parcelle, etc.). Les parcelles disposent en particulier d'un attribut qui stocke la date de construction d'un bâtiment sur la parcelle. Il s'agit donc d'une seule base de données stockant une information temporelle sur chacun de ses objets. La relation entre l'objet parcelle (qui contient toutes les informations sémantiques) et l'objet bâtiment (qui ne représente que l'entité, sans attributs) est de nature spatiale : les bâtiments situés sur la parcelle sont spatialement joints aux attributs de la

parcelle. Si plusieurs bâtiments sont situés sur la parcelle, ils récupèrent les mêmes attributs. Si un bâtiment est construit sur une parcelle qui contient déjà un bâtiment, alors les deux bâtiments prennent la date de construction du dernier bâtiment construit. Ce cas de figure est relativement rare à l'échelle de la communauté d'agglomération.

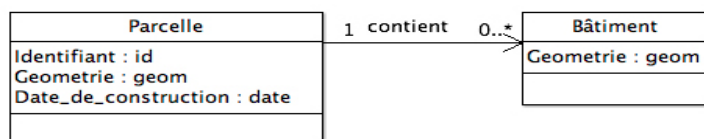


Figure 4. Diagramme simplifié des données cadastrales utilisées.

Avantages et limites de l'utilisation des données cadastrales

Par rapport à d'autres données de type vecteur généralement utilisées (Base de données topographique de l'IGN), les données cadastrales ont l'avantage de bénéficier d'une mise à jour en quasi continu (disponibilité de l'information annuelle). Elles permettent ainsi de suivre avec un pas de temps plus fin le phénomène observé. Il n'existe pas à notre connaissance d'autres données géographiques liées à la thématique urbaine bénéficiant de mises à jour annuelles. Même si le référentiel à grande échelle (RGE) de l'IGN se dirige de plus en plus vers un objectif de mise à jour en continu, ce procédé n'était pas encore opérationnel lors de notre étude. En comparaison avec une hypothétique acquisition d'une série de données raster (type prise de vue annuelle), les données cadastrales apparaissent bien moins chères et surtout plus simples à obtenir : Elles n'ont pas besoin de post-traitement comme le nécessiterait l'analyse d'une image⁸. Enfin, ces données sont stables dans le temps (mêmes spécifications et même information depuis 50 ans) et dans l'espace (l'ensemble du territoire est couvert par la même information : les comparaisons sont donc possibles).

Toutefois, les limites que présente l'utilisation des données cadastrales restent importantes et sont à considérer afin de ne pas tirer des résultats obtenus, des conclusions biaisées : les données cadastrales ne représentent que les parcelles et les bâtiments. Elles excluent tous les autres objets qui participent classiquement à l'analyse de l'étalement urbain. Les manques les plus importants concernent notamment l'absence des réseaux de transports, des parkings ou d'autres aménagements industriels particuliers. Par ailleurs, les spécifications du champ attributaire stockant la date de construction du ou des bâtiments ne sont pas pleinement satisfaisantes : La date correspond toujours à la dernière date connue de modification du bâtiment. Par exemple,

⁸ Un post traitement serait par exemple nécessaire pour extraire les bâtiments de l'image.

si un bâtiment date du début du siècle et est modifié (agrandissement par exemple) durant les années 1950, c'est cette dernière date qui qualifiera l'objet. D'autre part, si le bâtiment a été détruit, le cadastre n'en fait pas mention. L'analyse de ces biais montre qu'ils n'influencent pas l'observation du phénomène d'étalement urbain dans son ensemble à l'échelle de la Communauté d'Agglomération. Toutefois, dans le cas d'une observation à plus grande échelle (un quartier ou une petite commune), il serait important d'en tenir compte. On verra que ce point a constitué une limite à l'analyse des résultats. Il sera discuté en dernière partie.

À partir de ces données, l'objectif est double. Il est d'abord d'observer le phénomène d'étalement urbain sur la CDA de La Rochelle des années 1950 à nos jours. La date de départ a été choisie par rapport à deux facteurs : le premier concerne la faible disponibilité des données datant d'avant les années 1950. Le second facteur concerne le phénomène d'étalement urbain en lui-même. Celui-ci est souvent analysé sur la seconde moitié du 20^{ème} siècle parce que cette période correspond à l'explosion des mobilités et que cela rend le phénomène plus facilement observable. L'observation du phénomène d'étalement urbain va s'effectuer à l'aide d'outils gérant les informations spatio-temporelles. Ils sont développés dans un module intégré à un système d'information géographique. À partir de ces observations, vont être mis en place deux indices basés principalement sur la vitesse d'apparition des objets et sur leur position géographique (vitesse d'urbanisation d'une zone, directions privilégiées de propagation). Ces résultats, principalement quantitatifs seront, dans un second temps, confrontés aux documents d'urbanisme en vigueur sur l'espace étudié, afin de vérifier qu'il existe bien une cohérence entre les stratégies de limitation de l'étalement urbain de la collectivité⁹ et la réalité des constructions apparues sur le territoire. Si le phénomène d'étalement urbain est observé sur les 60 dernières années, la comparaison est effectuée pour cette étude uniquement sur les 20 dernières années : les documents d'urbanisme servant à cette comparaison sont encore difficiles à acquérir lorsqu'ils datent d'avant les années 1980¹⁰. Les outils de suivi sont décrits dans la partie suivante.

Il existe d'autres sources de données issues de la thématique foncière qui offrent une connaissance du bâti sur un espace. Ces données ne sont pas spatialisées et comme le souligne Sylvie Duvillard (Duvillard, 2008), elles ont généralement été produites à d'autres fins que l'analyse spatiale. Par exemple, la base de données SITADEL gérée par le ministère de l'Équipement propose l'ensemble des opérations de construction ayant fait

⁹ En particulier, via les politiques de planification territoriale mises en place avec le plan d'occupation des sols

¹⁰ Avant 1980, la partie cartographique des documents d'urbanisme n'existe généralement pas ou est très rarement stockée dans un format informatique lisible par un SIG. Leur numérisation est un processus long et coûteux.

l'objet d'une demande de permis de construire. Il s'agit de statistiques de construction par commune. Enfin la base de données PERVAL (références immobilières des notaires), contient une information plus axée sur les mutations que peut subir le foncier (vente ou achat par exemple).

Présentation des outils d'analyse

Plusieurs outils ont été développés pour cette étude afin de mieux comprendre et d'analyser le phénomène d'étalement urbain. Les deux indices développés sont implémentés dans un module « ESTEVOL » intégré comme application dans le SIG ArcGIS 9.2 de la société ESRI.

Présentation de l'outil ESTEVOL

ESTEVOL (ROUSSEAU, 2009) est une application développée en VBA (Visual Basic Application) et qui offre une visualisation temporelle des données géographiques (sous la forme d'outils de navigation temporelle et avec la possibilité de créer des animations) et des outils d'analyse (fig 5). Il existe de nombreuses applications qui proposent de visualiser des données géographiques de manière dynamique. On pensera à TimeMap, une plateforme de visualisation de données géographiques, indépendante d'un SIG, développée par (JOHNSON, 2004) ou à Google Earth qui propose depuis 2007 une barre de défilement temporel pour ses fichiers KML intégrant des balises de dates ou de périodes.

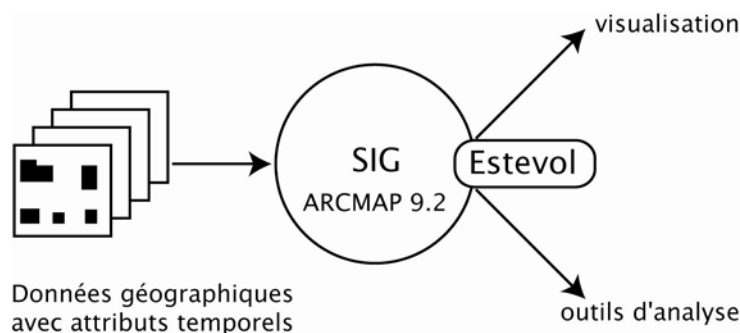


Figure 5. Schéma d'environnement de l'application Estevol.
Source : F. Rousseaux

Estevol se présente comme une barre d'outil supplémentaire, intégrée au logiciel ArcMap d'ESRI. Elle permet de visualiser de manière dynamique des données numériques ordonnées, dont des dates. Le fonctionnement de l'application se base sur une requête autorisant l'affichage des données qui répondent à celle-ci. Les paramètres de la requête sont choisis par l'utilisateur à l'aide d'une boîte de dialogue représentant une échelle temporelle et deux marqueurs : le marqueur de temps minimal et le marqueur de temps maximal (fig 6).



Figure 6. Interface de l'application Estevol. Source : F. Rousseaux

Toutefois, si observer un phénomène de manière dynamique aide à mieux le comprendre, la simple observation n'est généralement pas suffisante. Des outils permettant de quantifier et de mesurer l'évolution du phénomène semblent nécessaires. Contrairement à la visualisation, la bibliographie montre qu'il existe très peu d'outils d'analyse spatio-temporelle. La majorité de ces outils sont développés dans le domaine de l'hydrologie (Goodall *et al*, 2004). On en trouvera d'autres exemples dans le domaine de la géographie médicale, pour le suivi d'épidémies (Shaobo *et al*, 2005).

Méthodes d'analyses spatio-temporelles proposées

On peut définir une analyse spatio-temporelle par l'utilisation simultanée d'informations spatiales (connaissance de la position géographique des objets) et d'informations temporelles (connaissance des dates de création ou des périodes d'existence des objets). Cette double approche présente la possibilité de mettre en place des indices qui sont capables de mesurer le dynamisme d'un phénomène. Le premier indice proposé mesure le profil de vitesse d'urbanisation d'un espace. À quelle vitesse, une zone a-t-elle été construite ? S'agit-il par exemple d'une vitesse constante, progressive ou exponentielle ? Il est souvent montré que l'échelle d'étude des analyses spatiales est un critère majeur d'appréhension d'un phénomène. L'outil propose trois découpages possibles de l'espace, pour trois échelles d'analyse. Ces questions d'échelles d'analyse ne seront pas abordées dans cet article. Pour plus d'information, le lecteur se reportera à une étude publiée par l'agence d'urbanisme de Lyon (AUL, 1992) qui traite des avantages et inconvénients de ces différentes approches. Les trois découpages proposés correspondent à un découpage par carroyage, avec une maille de taille variable¹¹, ou à un découpage par objet. Dans ce cas, le choix se fait entre l'îlot ou la commune. L'îlot est ici un regroupement des parcelles contiguës. Si l'utilisateur dispose d'un découpage propre (type îlots ou iris INSEE), il peut aussi l'utiliser. Il est important d'utiliser un découpage qui restera stable dans le temps. C'est pourquoi les limites de POS ou contenues dans d'autres documents d'urbanisme, soumis à de fréquents changements ne sont pas pertinentes comme unités de découpage.

¹¹ Le module de création de maille est indépendant du module ESTEVOL. C'est un outil intégrable à ArcMap 9 qui a été développé par Gaétan Lavenue de la société ESRI France et qui est disponible gratuitement au téléchargement sur le site support.esrifrance.fr

Indice de vitesse d'urbanisation

L'indice proposé se base sur la courbe cumulative des surfaces construites par rapport à un espace de référence (maille, îlot ou commune). Pour chaque espace, chaque unité d'analyse (cellule, îlot ou commune) une courbe est calculée. Cette courbe correspond à un profil « de rapidité d'urbanisation » sur une période donnée. Chaque courbe est ensuite comparée (à l'aide de coefficients de corrélation) à une typologie de profils types (profils linéaires, exponentiels ou profil décrit par l'utilisateur). La courbe est alors associée au profil avec lequel la corrélation est la plus importante. Cette méthode de classement des courbes en classes discrétisées permet d'obtenir une typologie cartographiable (Figure 7). Le nombre et le type de profil types peuvent être variables en fonction des besoins de l'utilisateur.

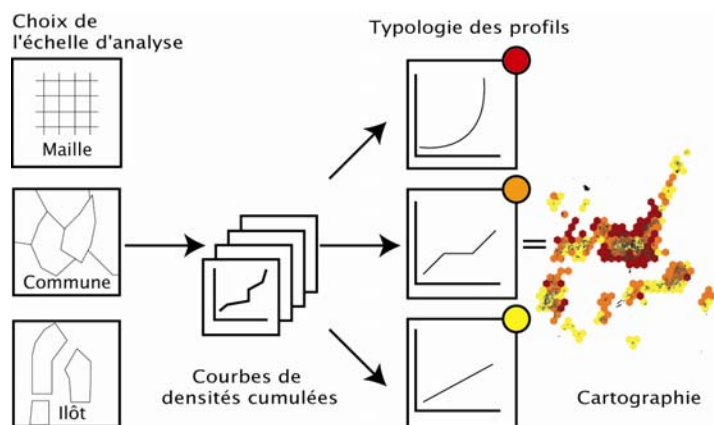


Figure 7. Indice des densités cumulées sur une période donnée, par maille. Chaque profil d'urbanisation correspond à une couleur attribuée à la maille. Source : Rousseaux, 2009

L'intérêt d'un tel indice est de mettre en valeur visuellement les zones qui ont connu une urbanisation très rapide durant les dernières années, comme les zones pavillonnaires que l'on retrouve dans les périphéries des villages satellites de la Rochelle. Le profil de rapidité d'urbanisation aide aussi à analyser l'impact d'une loi : la courbe de densité cumulée varie-t-elle après la date d'application de la loi ou est-elle insensible à ce changement ? les résultats seront exposés en dernière partie. Il est intéressant d'analyser la corrélation de chaque courbe à l'aide de courbes de tendances connues (exponentielles, linéaires...) car celles-ci peuvent être ensuite regroupées en classes de courbes similaires puis facilement identifiable par des élus ou des techniciens territoriaux. Voici en illustration (figure 8) l'exemple de la commune d'Angoulin, située en première couronne de la

ville de La Rochelle, dont le profil illustre parfaitement les communes à courbe d'urbanisation linéaire.

Indice de propagation du bâti

Un second indice a été développé autour de la notion de propagation par comparaison des surfaces totales construites par période. Alors que le précédent indice mettait en valeur le dynamisme « temporel » de l'urbanisation, l'intérêt est ici d'observer le dynamisme « spatial » par le calcul de la surface d'espace nouveau consommé sur une période donnée. Cet indice se base sur l'idée de propagation des surfaces bâties. Il est obtenu par le calcul de courbes d'iso valeurs (ici la date de construction).

Chaque surface comprise entre deux courbes correspond à une période donnée. Plus la surface nouvellement couverte est importante, plus l'urbanisation a consommé de l'espace rapidement. Si la surface est faible, cela ne signifie pas forcément qu'il n'y a pas eu de nouvelle urbanisation : les nouveaux bâtiments ont pu être construits à l'intérieur d'une surface déjà partiellement construite. Cela montre dans ce cas, un étalement urbain limité. Deux exemples décrits en dernière partie viendront illustrer ce cas.

L'exemple de la commune de Châtelailon-Plage (fig 9) montre qu'entre 1970 et 2007, la surface consommée augmente régulièrement sur des espaces conquis, malgré la mise en place de documents d'urbanisme très restrictifs en zone littorale (Loi Littoral de 1986) et malgré les orientations fortes décrites dans les documents de présentation du Schéma directeur de 2001. Cet exemple décrit aussi les directions privilégiées prises par cet étalement urbain. Plus de finesse augmente le nombre d'isovaleurs, au détriment d'une lecture synthétique du phénomène.

Confrontation des indices avec les documents d'urbanisme de la zone d'étude.

Cette partie étudie la mise en relation entre les deux indices d'étalement urbain décrits précédemment et les documents d'urbanisme en vigueur. L'objectif est d'étudier l'impact de l'application des documents d'urbanisme sur ces deux indices de suivi d'étalement urbain. Les cartographies obtenues à partir de ces derniers sont ensuite confrontées aux cartographies de zonage des règlements d'urbanisme. Y a-t-il un lien entre le contenu des règlements d'urbanisme et l'étalement urbain ?

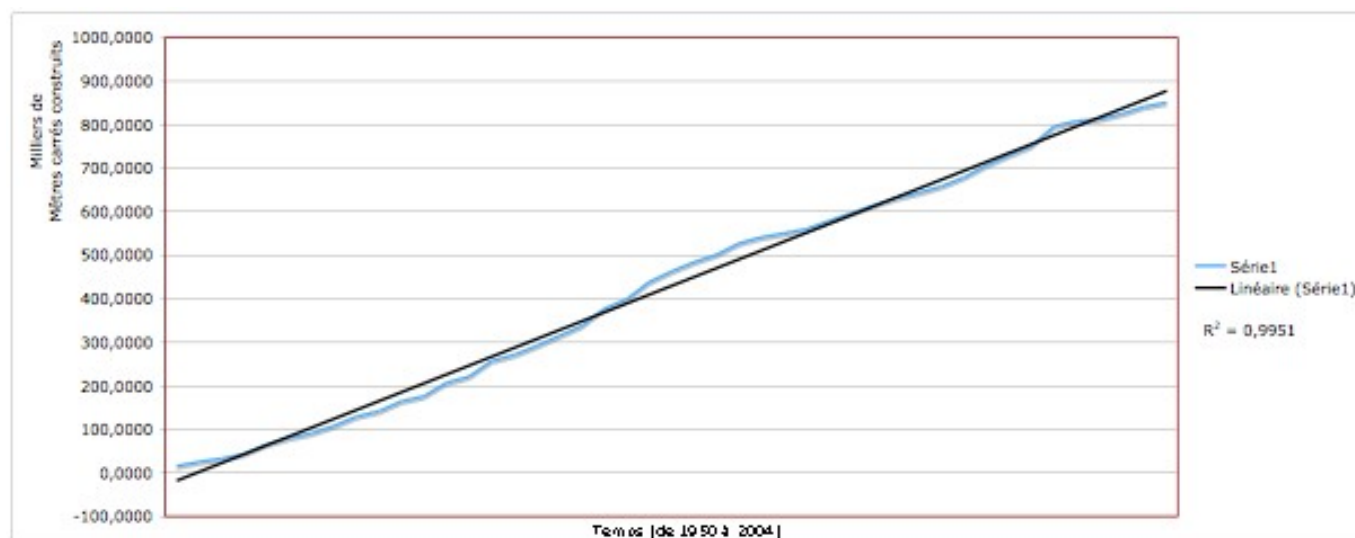


Figure 8. En bleu, courbe des densités cumulées sur la commune d'Angoulin entre 1950 et 2004. En noir, courbe de tendance (ici linéaire) à laquelle la commune d'Angoulin est associée.

La confrontation entre les zones construites et les documents d'urbanisme en vigueur (principalement le plan d'occupation des sols en vigueur entre 1989 à 2007) n'est pas aisée. Ceci est principalement dû à la complexité inhérente à ce document. Le POS n'est pas un document de synthèse, c'est un outil très fin et très détaillé, qui n'a pas été élaboré dans un objectif d'appréhension globale, contrairement à un document à plus petite échelle comme peut l'être le schéma directeur (autour du 2007). Les états successifs du POS généralisé seront alors analysés en parallèle aux résultats de la cartographie des indices spatio-temporels décrits précédemment.

Définition des critères de constructibilité à partir de l'analyse du POS

La généralisation du POS s'est effectuée en fonction de critères axés sur la probabilité de construction des différentes zones. Les critères décrits dans chacune des zones du POS et retenus sont : l'emprise au sol maximale, le coefficient d'occupation des sols et la hauteur maximale autorisée. Voici une brève définition de ces trois notions :

L'emprise au sol est exprimée en pourcentage de surface de l'unité foncière. C'est la surface au sol que tous les bâtiments occupent sur le terrain : elle correspond à la projection verticale hors œuvre de la ou des constructions au sol, exception faite des saillies traditionnelles, éléments architecturaux et balcons. La surface de l'emprise au sol est différente de la surface donnée par le COS (Coefficient d'occupation des sols), coefficient qui représente les surfaces cumulées de tous les planchers sur tous les niveaux de l'habitation.

Le coefficient d'occupation des sols est la règle d'urbanisme qui définit la densité de construction autorisée à l'intérieur d'une

25000^{ème}). La multiplication des zonages montre qu'il est nécessaire pour cette étude de travailler avec un document généralisé, axé sur la notion de constructibilité. La partie suivante décrit les critères qui ont été retenus lors de l'analyse des différentes évolutions du POS afin de définir un degré de constructibilité par zones. Ce degré varie en fonction des différentes révisions et modifications qui ont eu lieu entre 1989 et

même zone d'un POS. Il exprime la surface de plancher hors œuvre susceptible d'être construite par mètre carré de terrain, la surface des bâtiments existants venant toujours en déduction des possibilités de construire. Il est à noter que le COS ne pourra s'appliquer que dans les zones U (urbanisées) et AU (à urbaniser) des futurs PLU, en application de la loi SRU. Notons également qu'une même zone peut comporter différents COS selon la nature ou la destination des constructions, de même que chaque zone peut en outre être divisée en secteurs affectés de coefficients spécifiques. Le COS permet aux autorités de la commune de peser lourdement sur les valeurs foncières. Par exemple, un coefficient de 0,4 permettra la construction de 200 mètres carrés de plancher sur 500 mètres carrés. Le choix du COS a donc un effet indirect sur le sol ou la mutation de la morphologie urbaine d'un secteur : stabilisateur s'il correspond plus ou moins à la densité existante, incitatif s'il est nettement supérieur à cette dernière. Le COS est avant tout un outil fiscal (il succède à l'ancien plafond légal de densité) qui permet à la commune de percevoir des taxes pour sur-densité en cas de dépassement de COS (s'il est autorisé). Avec la loi SRU, le dépassement sera théoriquement impossible. Il s'ensuivra probablement une baisse des ressources fiscales de la commune, mais cette interdiction permettra un meilleur contrôle des autorités publiques sur les opérations privées d'aménagement.

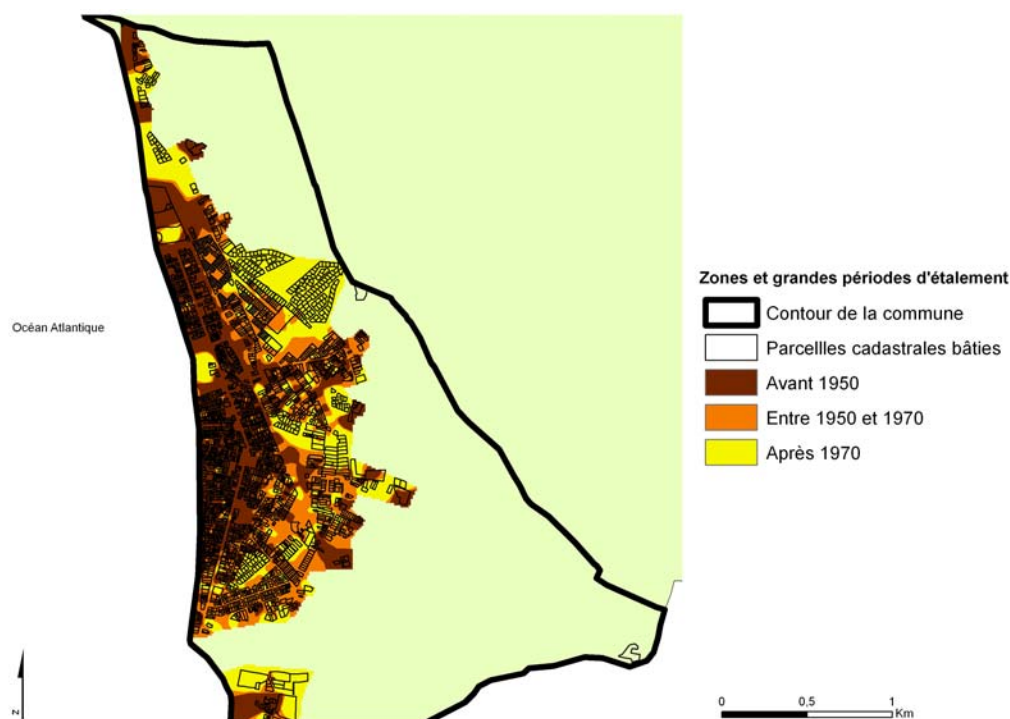


Figure 9. Propagation de l'urbanisation sur trois périodes. L'exemple de Châtelaiillon-Plage, commune littorale du sud de La Communauté d'Agglomération de La Rochelle. Source : données cadastrales.

La hauteur maximale autorisée n'appelle pas de définition particulière : c'est la hauteur maximale que ne peut pas dépasser toute construction nouvelle. Elle peut varier d'une zone à l'autre. Elle se calcule du sol au faîte du toit (hors cheminées et installations techniques) ou à l'égout des toitures.

En se basant sur ces trois critères, une échelle de constructibilité qui se décompose en cinq niveaux (tableau 1) est proposée.

Le plan d'occupation du sol est ensuite reclassé à partir de ces catégories (Fig 10). Les différentes zones du POS sont agrégées en fonction du tableau ci-dessus. Une carte des potentialités de construction par commune est obtenue. C'est ce document qui sera confronté aux résultats d'observations de l'étalement urbain effectuées à l'aide des indices présentés en partie 3.

Présentation des résultats

Vitesse d'urbanisation et documents d'urbanisme, un rapport visible.

Les résultats de cet article sont illustrés à plusieurs échelles (l'agglomération et/ou la commune), selon l'indice étudié. Le premier indice, la vitesse d'urbanisation, est présenté à l'échelle

de la communauté d'agglomération et à l'échelle de deux communes, La Rochelle et Dompierre-sur-Mer.

Tableau 1. L'échelle de constructibilité extraite de l'analyse du POS.

Très fort	Dans ces zones, l'emprise au sol et le COS ne sont pas réglementés. Il s'agit de zones souvent situées en hyper centre, très dynamiques. Elles correspondent par exemple aux zones UAa, UV, UP, UXc et UXt.
Fort	Dans ces zones, l'emprise au sol est limitée à 60 % de l'unité foncière. Quant au COS, il est compris entre 0,6 et 1,5. Elles correspondent aux zones UA, UB, UC, UX.
Moyen	Dans ces zones, l'emprise au sol est limitée à 50 % de l'unité foncière. Quant au COS, il est compris entre 0,3 et 0,8. Elles correspondent aux zones UD, UE et NAa.
Faible	Il s'agit ici de zones naturelles (N) dont l'emprise au sol correspond à celle des zones (urbaines) de référence respectives. Le COS n'est pas limité dans ces zones, à l'exception d'UEa (0,3)
Très faible	Ce sont également des zones naturelles dont l'emprise au sol correspond à celle des zones (urbaines) de référence respectives. Le COS est compris entre 0 et 1,2 dans ces zones. Le COS dans les zones NDb et NDz n'est pas limité.



Figure 10. Carte des potentialités de construction effectuée à partir du zonage du POS. L'exemple de la commune de La Rochelle en 2007. Source : POS.

À l'échelle de l'agglomération, l'analyse de la relation entre surfaces réellement consommées et potentialités de construction montre que les surfaces consommées correspondent bien aux zones « consommables ». Le premier indice met en valeur le dynamisme temporel de l'étalement urbain. Cet indice permet de montrer à quelle vitesse les nouvelles surfaces construites sont apparues. C'est un indicateur important de l'étalement : le phénomène ne sera pas analysé de la même manière si une surface se construit en très peu de temps ou si cette même surface se remplit sur une période beaucoup plus longue.

Si l'on compare sur l'agglomération les zones qui ont été construites sur la période 1989-2007, celles-ci correspondent effectivement bien aux zones qui sont ou qui deviennent des zones à potentiel de construction fort à très fort.

Ce résultat est à nuancer car bon nombre de zones qui entrent dans ces catégories ne correspondent pas à des zones d'étalement urbain. Il s'agit de zones qui ont un fort potentiel de construction, s'exprimant à travers un processus de densification : plusieurs constructions nouvelles y apparaissent, mais leur intégration à un environnement bâti déjà existant fait qu'elles ne participent pas

au phénomène d'étalement. Le problème est que les dates de construction des bâtiments déjà construits ne permettent pas d'identifier clairement ces zones à l'aide du premier indice : Si des bâtiments existants sont modifiés, ils apparaissent bien comme nouveaux dans la zone et mettent en valeur un dynamisme de construction. Les dates de modification de ces bâtiments deviennent les nouvelles dates de construction et sont moyennées avec les dates de création des bâtiments de l'ensemble de la zone, le résultat dépend alors de la masse des bâtiments déjà existants. Par exemple, un ancien quartier entièrement rénové apparaîtra comme nouveau. La connaissance du terrain permet de détecter et d'estimer ces cas particuliers. Cette limite ne concerne pas l'analyse à proprement parler de l'étalement urbain, mais plus spécifiquement celle de la densification. Il s'agira toutefois d'un point majeur à lever dès lors que l'on cherchera à observer l'évolution urbaine dans un ensemble plus systémique, en y intégrant la densification.

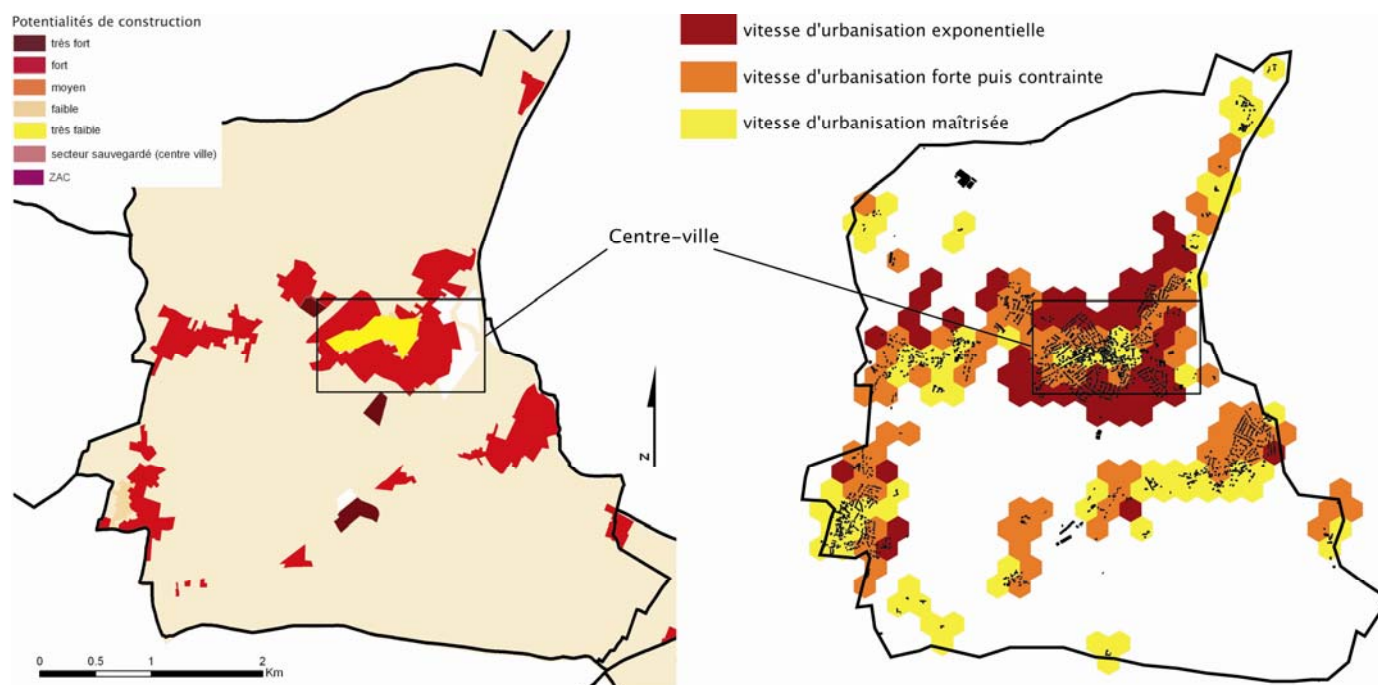


Figure 11. Carte des potentialités de construction en 2001 (à gauche), comparée aux profils de vitesses d'urbanisation de la commune en 2007 (à droite). L'exemple de Dompierre-Sur-Mer. Sources : POS et données cadastrales.

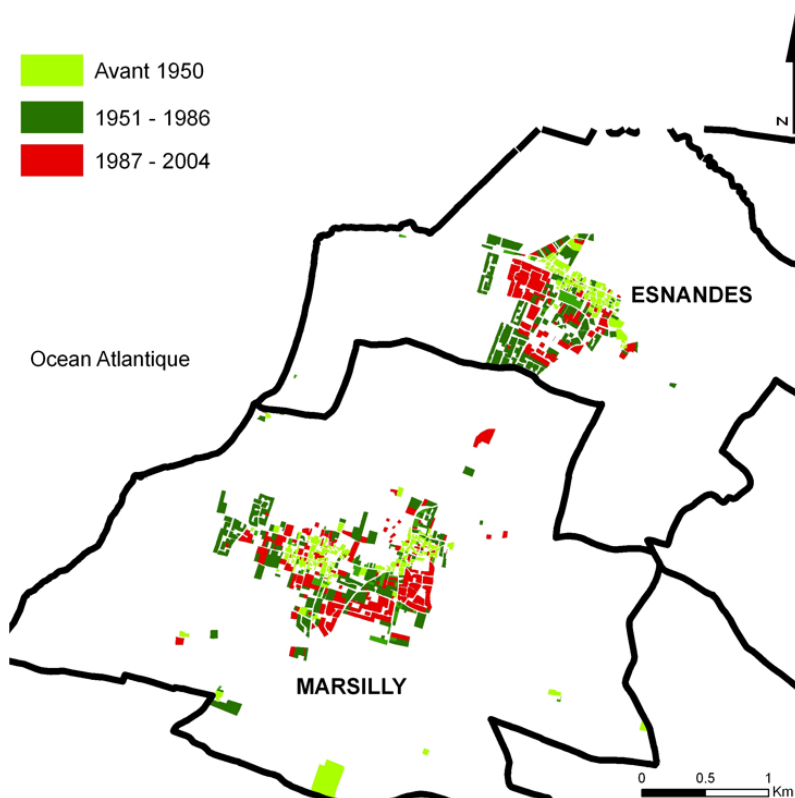


Figure 12. Parcelles bâties avant (en vert) et après (en rouge) la mise en application de la loi Littoral de 1986. L'exemple de Marsilly et d'Esnandes. Source : données cadastrales.

A l'échelle communale, il est intéressant d'observer que la somme des surfaces des zones à fort potentiel de construction varie assez peu lors des révisions et modifications du plan d'occupation des sols. Sur la commune de La Rochelle, leur position a plutôt tendance à se centraliser, ce qui semble, sur cet exemple précis, confirmer une tendance à la densification plutôt qu'à l'étalement. Ce n'est pas le cas partout, en particulier sur les communes périphériques de la première couronne de la CDA-LR, comme le montre l'exemple de la commune de Dompierre-Sur-Mer (Fig 11) qui présente des zones qui ont connu une construction très rapide et récente autour du noyau historique du village (en jaune foncé sur l'illustration de gauche). L'exemple ci dessous utilise une maille régulière hexagonale. Le choix de cette forme de maille est intéressant car il permet de multiplier les voisins directs partageant un côté (6 au lieu de 4 pour le carré) et facilite la visualisation de zones homogènes.

Résultats obtenus à l'aide de l'indice de propagation : un impact des réglementations difficile à mesurer.

Les résultats obtenus à l'aide du second indice sont présentés à l'échelle communale. Le second indice mesure la propagation du bâti sur une période « données ». Contrairement au premier indice, plus axé sur la vitesse, cet indice se veut plus spatial : il permet de mesures des surfaces de constructions entre plusieurs périodes. Deux communes littorales en zones protégées sont choisies : Esnandes et Marsilly. Le choix de ces communes est intéressant car il met en valeur le fait que les nouvelles constructions apparues après la mise en application de la loi littorale n'ont pas eu d'impact fort en termes d'étalement urbain. Pour rappel, cet indice met en valeur les surfaces consommées par les nouvelles constructions sur une période donnée. Existe-t-il une relation entre la mise en place d'un document restrictif et une stagnation ou une augmentation moins importante des surfaces consommées après sa mise en application ?

À l'échelle de la communauté d'agglomération, les résultats ne permettent pas aisément d'observer de relation déterminante par rapport à la mise en place d'un règlement et l'urbanisation de la zone concernée. Par contre, à l'échelle communale, il est intéressant de noter une tendance à l'augmentation des surfaces construites dans la plupart des communes non littorales de la CDA-LR, qui accueillent une population qui ne peut plus se loger sur la commune de La Rochelle. A contrario, les communes littorales, n'ont pas vu leurs nouvelles surfaces construites augmenter plus que la moyenne des années précédentes. Cette « retenue » est-elle à mettre au compte de la loi Littoral ? Cette loi concerne depuis 1986 toutes les communes littorales, soit 8 sur 18 communes de la CDA-LR. Les indices proposés semblent effectivement montrer que cette loi a eu un impact sur l'urbanisation de ces communes. En effet, la majorité des nouvelles surfaces construites ne sont pas de nouvelles zones urbanisées mais des constructions qui se situent souvent à l'intérieur d'espaces déjà urbanisés comme le montrent les exemples des communes de Marsilly et d'Esnandes (Fig 12).

Une loi nationale, assez restrictive, du type de la loi Littoral semble donc avoir un impact visible sur l'urbanisation de ces deux communes. Par contre, il apparaît beaucoup plus difficile d'observer les impacts qu'ont les très nombreuses modifications successives des plans d'occupation des sols sur les surfaces construites par période. Comme cela a été montré dans la première partie des résultats, peu de communes orientent de manière durable leurs POS dans une direction réellement restrictive quant à leur urbanisation. Il s'agit le plus souvent d'accommodations effectuées par des modifications au coup par coup, projet par projet. Il est parfois difficile de concilier des objectifs politiques de long à moyen terme « à portée environnementale » et la volonté quotidienne des citoyens. La règle de droit évolue donc avec la ville.

Conclusion

Les observations basées d'une part, sur l'analyse du plan d'occupation des sols, et d'autre part sur la mise en place d'indices d'observation du phénomène d'étalement urbain mettent en valeur plusieurs points. Sur un plan méthodologique, les indices proposés dans cet article montrent que la réalité de l'étalement urbain sur le terrain est souvent éloignée des orientations qui sont proposées dans les documents de planification. Les POS ou PLU s'adaptent au fur et à mesure de l'évolution de la ville, sans rapports toujours cohérents avec les schémas directeurs ou les SCOT. C'est ce qui ressort sur le territoire de La CDA-LR. Malgré une volonté inscrite dans son ancien schéma directeur et toujours très présente dans le futur SCOT, l'étalement urbain est inégalement maîtrisé. Si l'on s'en tient à l'analyse du plan d'occupation des sols sur la période 1989–2007, les différentes versions montrent qu'en termes de surface, les zones à fort potentiel de construction évoluent peu. Les planificateurs ont en effet davantage recours à des adaptations successives du règlement du POS.

En termes de situation, quelques communes (dont La Rochelle, Esnandes, Marsilly) montrent une volonté de densification. D'autres communes de la CDA, en particulier situées sur la première couronne créent des zones à forte urbanisation en conquérant des zones « vierges » le plus souvent agricoles. Souvent difficiles à déceler à travers les documents d'urbanisme¹² seuls, ces zones sont plus aisément identifiables à l'aide des deux indices présentés dans cet article, même si l'indice de propagation du bâti semble moins adapté à la mise en valeur de la relation entre surface construite et évolution du règlement d'urbanisme.

En raison de la pénurie de logements au sein de la commune de La Rochelle, de grands chantiers de développement d'un habitat semi-collectif sont à prévoir. Sur la commune de La Rochelle, on

¹² Ces zones apparaissent au coup par coup dans les documents d'urbanisme, ou sous forme de zones d'aménagement concertées.

se dirige vers un phénomène de régénération : la ville se reconstruit sur la ville. Sur les communes périphériques de la CDA, le phénomène d'étalement urbain est bel et bien observable, sauf sur certaines communes littorales à faible attractivité touristique.

Biographie

Frédéric Rousseaux est enseignant chercheur à l'Université de La Rochelle. Il est membre du Laboratoire transdisciplinaire LIENSS. Ses principaux thèmes de recherche concernent la modélisation des données géographiques pour des applications liées à l'environnement. Il codirige le programme ESTE qui traite de l'amélioration de la gestion des données temporelles dans les systèmes d'information géographiques.

Remerciements

L'auteur remercie le service « prospectives et études » de la Communauté d'Agglomération de La Rochelle pour la mise à disposition des données cadastrale vecteur ainsi que les données du recensement général de la population de l'INSEE.

Bibliographie

- Antoni, J-P., 2003. *Modélisations de la dynamique de l'étalement urbain Aspects conceptuels et gestionnaires Application à Belfort*. Thèse de doctorat de l'Université de Louis Pasteur de Strasbourg.
- Antoni, J-P., 2007. *Calibrer un modèle d'évolution de l'occupation du sol urbain. L'exemple de Belfort*, Cybergeo, Systèmes, Modélisation, Géostatistiques, article 347.
- Agence d'Urbanisme de Lyon (AUL), 1992. *De la maille au bâti : avantages et inconvénients pour l'analyse infra urbaine*. Rapport externe.
- Badariotti, D., A. Banos et D. Moreno, 2007. *Conception d'un automate cellulaire non stationnaire à base de graphe pour modéliser la structure spatiale urbaine: le modèle Remus*, Cybergeo, mis en ligne le 03 octobre 2007, modifié le 09 octobre 2007.
- Banos, A., S. Chardonnel, C. Lang, N. Marilleau et T. Thevenin, 2005. *Simulating the swarming city: a MAS approach*. In *procs. of The 9th Int. Conf. on Computers in Urban Planning and Urban Management, CUPUM 2005*, London, UK, June 2005, 15p.
- Belliot, M., 2007. *Synthèse de la formation urbanisme, équipement, logement du 25 mai 2007*. N°174/D130. CNIS.
- Brunet, R., R. Ferras et H. Thery, 1992. *Les mots de la géographie. Dictionnaire critique*. Paris, : Reclus - La Documentation Française. 512 p.
- CERTU, 2006. *Les bases de données géographiques d'occupation du sol : Volet Tache urbaine. Descriptif et comparatif de 6 bases de données*. Rapport externe.
- CETE, 2007. *Les évolutions des territoires littoraux entre 1986 et 2006*. Étude externe, 81p.
- Comby, J., 1993. *Articulation du foncier et de l'immobilier*, 180p., ADEF.
- Futuribles, 2003. *Radioscopie de la France en mutation 1950-2030, L'évolution socioéconomique, les modes de vie, les territoires, les villes, la mobilité et l'environnement en 40 dimensions*. Rapport du Groupe, Futuribles : Ministère de l'équipement, du logement et des transports, DATAR, IFEN.
- Commission Européenne, 1990. *Livre vert sur l'environnement urbain*. Communication de la Commission au Conseil et au Parlement COM (90). 218p.
- Daude E. et P. Langlois, 2007. *Comparison of Three Implementations of Schelling's Spatial Segregation Model*, in D. Phan, F. Amblard (ed.), *Agent-Based Modelling and Simulation in the Social and Human*

- Sciences*, GEMAS Studies in Social Analysis, The Bardwell Press, Oxford.
- Donnay, J-P., J. Barnsley et P. Longley, 2001. *Remote sensing and urban analysis*, Taylor et Francis
- Donzelot J., 2004. *La ville à trois vitesses : gentrification, relégation, périurbanisation*. Paris : Esprit. N°303, pp. 14-39.
- Dubos-Paillard E., Langlois P., 2003. *Modéliser et simuler L'évolution urbaine par automates cellulaires avec Spacelle*. L'espace géographique, pp. 357-378.
- Duvillard S., 2008. *Pertinence de l'approche foncière in Information géographique et dynamiques*, Traité IGAT. Paris : Hermes.
- Goodall, J.L., D.R. Maidment et J. Sorenson, 2004. *Representation of Spatial and Temporal Data in ArcGIS*. AWRA GIS and Water Resources III Conference, Nashville, TN.
- Guerois, M., 2003. *Les formes des villes européennes vues du ciel : une contribution de l'image CORINE Land cover à la comparaison morphologique des grandes villes d'Europe occidentale*. Thèse de l'Université Panthéon-Sorbonne - Paris 1.
- Hasse J-E. et G. Richard, 2003. *Land Resource Impact Indicators of Urban Sprawl*, Applied Geography, Vol 23/2-3 pp 159-175.
- Herold, M., N.-C. Goldstein, K.-C. Clarke, 2003. *The spatiotemporal form of urban growth: measurement, analysis and modeling*. Remote Sens. Environ. 86 (3), 286–302.
- Geniaux, G., C. Napoleone, 2002. *Rente foncière et anticipations dans le périurbain*, Economie et Prévision, 168, pp77-93
- IFEN, 2007. *Corine Land Cover, l'occupation des sols de 1990 à 2000*. Rapport externe.
- Johnson, I., 2004. *Putting time on the map, using TimeMap for animation and web delivery*. Geoinformatics.
- Larrue, C., 2000. *Environnement et politiques urbaines in La Ville et l'urbain : l'état des savoirs*. Paris : La Découverte.
- Levy, J-P., M. Lussault, 2003., *Dictionnaires de la géographie et de l'espace des sociétés* (dir.). Paris : Belin.
- Levy, J-P., 1991. *Villes et territoires*. 3, *La Réhabilitation des quartiers anciens et de l'habitat existant : acteurs, procédures, effets et conséquences sociales*. Presses universitaires du Mirail-Toulouse, 173 p
- Mathieu, N., Y. Guermond, 2005 *Du politique au scientifique*. INRA Presses.
- Maurin, E., 2004. *Le ghetto français. Enquête sur le séparatisme social*. La République des idées, Paris : Seuil.
- OPETAU, 2008. *La mesure de l'artificialisation des sols pour un suivi de l'étalement urbain*. Perspectives Villes Toulouse Aire Urbaine. Toulouse.
- Perben, D., 2008. *Imaginer les métropoles d'avenir*. Paris, la Documentation Française, février 2008.– 79 p.
- Rousseaux, F., 2009. *Estevol, a space and time analysis tool for ArcGIS*. Actes de la conférence internationale des utilisateurs ESRI (ESRI UC), San Diego.
- Shaobo, Z., X. Yong, C. Chunxiang, C. Wuchun, L. Xiaowen, G. Jianping et F. Lique, 2005. *The application of space/time analysis tools of GIS in spatial epidemiology: a case study of hepatitis B in China using GIS*. IGARSS Proceedings. 2005 IEEE Volume 3. pp. 1612-1615.
- Schelling, T., 1971. *Dynamic Models of Segregation*. Journal of Mathematical Sociology 1:143-186.